



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0104065
(43) 공개일자 2017년09월14일

- | | |
|--|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 8/12 (2006.01) A61B 5/02 (2006.01)
A61B 8/08 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
A61B 8/12 (2013.01)
A61B 5/02007 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2016-0026145</p> <p>(22) 출원일자 2016년03월04일
심사청구일자 2016년03월04일</p> | <p>(71) 출원인
한양대학교 산학협력단
서울특별시 성동구 왕십리로 222(행당동, 한양대학교내)</p> <p>고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)</p> <p>(72) 발명자
유홍기
서울특별시 성동구 행당로 79, 108동 102호(행당동, 행당동대림아파트)</p> <p>김진원
서울특별시 서초구 신반포로 45 60동 306호 (반포동, 주공아파트)</p> <p>남형수
서울특별시 성동구 살곶이4길 7-1, 101호 (행당동)</p> <p>(74) 대리인
민영준</p> |
|--|--|

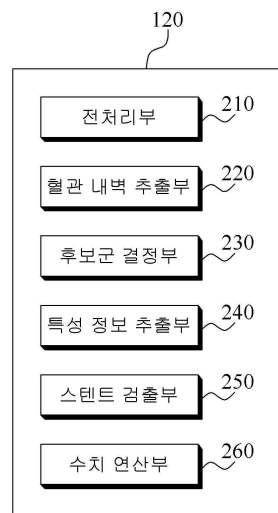
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 혈관 촬영 영상을 이용한 혈관 분석 방법 및 장치

(57) 요약

혈관 촬영 영상에서, 혈관 내벽 및 스텐트를 추출하고, 스텐트의 오부착 정도 및 신생 내막의 두께를 분석할 수 있는 혈관 분석 방법 및 장치가 개시된다. 개시된 혈관 분석 방법은 타겟 혈관에 대한 혈관 단층 촬영 영상에서, 지역 최대 밝기 값을 포함하는 스텐트 후보군을 결정하는 단계; 상기 타겟 혈관에 대한 혈관 단층 촬영 영상을 이용하여, 상기 스텐트 후보군에 대한 제1특성 정보를 추출하는 단계; 및 상기 제1특성 정보와, 혈관 단층 촬영 영상으로부터 생성된 레퍼런스 스텐트에 대한 제2특성 정보를 이용하여, 상기 스텐트 후보군에서 타겟 스텐트를 검출하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

A61B 8/52 (2013.01)

G06T 2207/10132 (2013.01)

G06T 2207/30101 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2015R1A1A1A05027209

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 (재)한국연구재단

연구사업명 이공분야 기초연구사업 / 신진연구지원사업 / 신진연구(후속연구)

연구과제명 심혈관질환 연구를 위한 공통 경로 마이크로 광단층촬영 기술 영상 프로브 개발

기 여 율 1/2

주관기관 한양대학교 산학협력단

연구기간 2015.09.01 ~ 2016.08.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2015R1A2A2A07027863

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 (재)한국연구재단

연구사업명 중견자연연구자지원사업(핵심공동)

연구과제명 혈관내 광단층-조직분광-나노분자영상 완전 통합기법 개발을 통한 관상동맥내 파열 고위험
동맥경화반 영상검출 생체내 검증

기 여 율 1/2

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2015.09.01 ~ 2016.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

타겟 혈관에 대한 혈관 단층 촬영 영상에서, 지역 최대 밝기 값을 포함하는 스텐트 후보군을 결정하는 단계;

상기 타겟 혈관에 대한 혈관 단층 촬영 영상을 이용하여, 상기 스텐트 후보군에 대한 제1특성 정보를 추출하는 단계; 및

상기 제1특성 정보와, 혈관 단층 촬영 영상으로부터 생성된 레퍼런스 스텐트에 대한 제2특성 정보를 이용하여, 상기 스텐트 후보군에서 타겟 스텐트를 검출하는 단계

를 포함하는 혈관 촬영 영상을 이용한 혈관 분석 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 특성 정보는

통계적 특성 정보 및 기하학적 특성 정보 중 적어도 하나 이상을 포함하는

혈관 촬영 영상을 이용한 혈관 분석 방법.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 통계적 특성 정보는

상기 혈관 단층 촬영 영상에 대한 통계적 특성 정보; 및

상기 혈관 단층 촬영 영상의 경사 영상에 대한 통계적 특성 정보

를 포함하는 혈관 촬영 영상을 이용한 혈관 분석 방법.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 통계적 특성 정보는

최대 밝기값, 중앙 밝기값, 평균 밝기값, 밝기 분산값, 밝기 변동계수, 밝기 왜도값 및 밝기 첨도값 중 적어도 하나 이상을 포함하는

혈관 촬영 영상을 이용한 혈관 분석 방법.

청구항 5

제 3항에 있어서,

상기 경사 영상은

상기 혈관 단층 촬영 영상을 극좌표계로 변환한 영상의 깊이 방향에 대한 2차 경사 영상인

혈관 촬영 영상을 이용한 혈관 분석 방법.

청구항 6

제 2항에 있어서,

상기 기하학적 특성 정보는

상기 혈관 단층 촬영 영상에 대한 기하학적 특성 정보이며,

상기 기하학적 특성 정보는

밝기 값에 따른 스텐트의 길이, 스텐트의 제1밝기 값 및 제2밝기 값 사이의 관계 정보 중 적어도 하나 이상을 포함하는

혈관 촬영 영상을 이용한 혈관 분석 방법.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 스텐트 후보군에서 타겟 스텐트를 검출하는 단계는

상기 제2특성 정보를 통해 훈련된 인공신경망에 대해, 상기 제1특성 정보를 입력값으로 이용하여, 상기 타겟 스텐트를 검출하는

혈관 촬영 영상을 이용한 혈관 분석 방법.

청구항 8

제 1항에 있어서,

타겟 혈관에 대한 혈관 단층 촬영 영상에 대한 극좌표 변환을 수행하는 단계; 및

상기 변환 영상의 깊이 방향에 대한 1차 경사 영상을 이용하여, 기 설정된 밝기 값을 나타내는 부분을 혈관 내벽 또는 신생 내막의 경계선으로 결정하는 단계

를 포함하는 혈관 촬영 영상을 이용한 혈관 분석 방법.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 타겟 스텐트의 위치, 상기 혈관 내벽 및 신생 내막의 경계선을 이용하여, 상기 타겟 스텐트의 돌출 거리(Protrusion distance) 및 오부착 거리(Malapposition distance) 그리고 상기 신생 내막의 두께(Neointimal thickness)를 계산하는 단계

를 더 포함하는 혈관 촬영 영상을 이용한 혈관 분석 방법.

청구항 10

타겟 혈관에 대한 혈관 단층 촬영 영상을 입력받는 영상 입력부;

상기 타겟 혈관에 대한 혈관 단층 촬영 영상에서, 지역 최대 밝기 값을 포함하는 스텐트 후보군을 결정하는 후보군 결정부;

상기 타겟 혈관에 대한 혈관 단층 촬영 영상을 이용하여, 상기 스텐트 후보군에 대한 제1특성 정보를 추출하는

특성 정보 추출부; 및

상기 제1특성 정보와, 혈관 단층 촬영 영상으로부터 생성된 레퍼런스 스텐트에 대한 제2특성 정보를 이용하여,
상기 스텐트 후보군에서 타겟 스텐트를 검출하는 스텐트 검출부

를 포함하는 혈관 촬영 영상을 이용한 혈관 분석 장치.

청구항 11

제 10항에 있어서,

상기 특성 정보는

통계적 특성 정보 및 기하학적 특성 정보 중 적어도 하나 이상을 포함하는

혈관 촬영 영상을 이용한 혈관 분석 장치.

청구항 12

제 11항에 있어서,

상기 통계적 특성 정보는

최대 밝기값, 중앙 밝기값, 평균 밝기값, 밝기 분산값, 밝기 변동계수, 밝기 왜도값 및 밝기 첨도값 중 적어도 하나 이상을 포함하는

혈관 촬영 영상을 이용한 혈관 분석 장치.

청구항 13

제 11항에 있어서,

상기 기하학적 특성 정보는

상기 혈관 단층 촬영 영상에 대한 기하학적 특성 정보이며,

상기 기하학적 특성 정보는

밝기 값에 따른 스텐트의 길이, 스텐트의 제1밝기 값 및 제2밝기 값 사이의 관계 정보 중 적어도 하나 이상을 포함하는

혈관 촬영 영상을 이용한 혈관 분석 장치.

청구항 14

제 10항에 있어서,

상기 스텐트 검출부는

상기 제2특성 정보를 통해 훈련된 인공신경망에 대해, 상기 제1특성 정보를 입력값으로 이용하여, 상기 타겟 스텐트를 검출하는

혈관 촬영 영상을 이용한 혈관 분석 장치.

청구항 15

제 10항에 있어서,

타겟 혈관에 대한 혈관 단층 촬영 영상에 대한 극좌표 변환을 수행하는 전처리부;

상기 변환 영상의 깊이 방향에 대한 1차 경사 영상을 이용하여, 기 설정된 밝기 값을 나타내는 부분을 혈관 내벽 및 신생 내막의 경계선으로 결정하는 혈관 내벽 추출부; 및

상기 타겟 스텐트의 위치, 상기 혈관 내벽 및 신생 내막의 경계선을 이용하여, 상기 타겟 스텐트의 돌출 거리(Protrusion distance) 및 오부착 거리(Malapposition distance) 그리고 상기 신생 내막의 두께(Neointimal thickness)를 계산하는 수치 연산부

를 더 포함하는 혈관 촬영 영상을 이용한 혈관 분석 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 혈관 촬영 영상을 이용한 혈관 분석 방법 및 장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 혈관 촬영 영상에서, 혈관 내벽 및 스텐트를 추출하고, 스텐트의 오부착 정도 및 신생 내막의 두께를 분석할 수 있는 혈관 분석 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 혈관 내에 스텐트를 삽입 하는 경우, 스텐트의 혈관에 대한 외벽 협착 여부의 파악이 중요하다. 그리고, 시술 후 스텐트 스트럿(strut)상에서 신생내막 세포가 자라게 되는데, 이러한 내막 세포의 과잉성장으로 인해 혈관이 다시 좁아질 수 있다.

[0004] 따라서 시술 후 혈관 내 스텐트가 잘 협착되었는지 여부, 스트럿과 내막 세포의 성장에 의한 신생내막의 두께 등을 확인하거나, 환자의 상태, 스텐트의 구조 및 표면에서 표출되는 약물 성분에 따른 다양한 임상결과를 확인 하는 과정이 필요한데, 이 때, 혈관 촬영 영상이 이용된다. 혈관 촬영 기술로 X선 혈관조영술(X-ray Angiography), 혈관내 초음파(Intravascular Ultrasound), 혈관내광단층촬영기술(IV-OCT; Intravascular Optical Coherence Tomography) 등이 이용된다.

[0005] 하지만, 현재 혈관 촬영 영상을 이용하여 스텐트나 혈관 내벽, 신생 내막의 두께를 계산하는 과정은 대부분 수작업을 통해 이루어지고 있다. 따라서 혈관 촬영 영상을 이용하여 자동으로 혈관을 분석할 수 있는 연구가 필요하다.

[0006] 관련 선행문헌으로 대한민국 공개특허 제2014-0092102호가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 혈관 촬영 영상에서, 혈관 내벽 및 스텐트를 추출하고, 스텐트의 오부착 정도 및 신생 내막의 두께를 분석할 수 있는 혈관 분석 방법 및 장치를 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따르면, 타겟 혈관에 대한 혈관 단층 촬영 영상에서, 지역 최대 밝기 값을 포함하는 스텐트 후보군을 결정하는 단계; 상기 타겟 혈관에 대한 혈관 단층 촬영 영상을 이용하여, 상기 스텐트 후보군에 대한 제1특성 정보를 추출하는 단계; 및 상기 제1특성 정보와, 혈관 단층 촬영 영상으로부터 생성된 레퍼런스 스텐트에 대한 제2특성 정보를 이용하여, 상기 스텐트 후보군에서 타겟 스텐트를 검출하는 단계를 포함하는 혈관 촬영 영상을 이용한 혈관 분석 방법을 제공한다.

[0011] 또한 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 타겟 혈관에 대한 혈관 단층 촬영 영상을

입력받는 영상 입력부; 상기 타겟 혈관에 대한 혈관 단층 촬영 영상에서, 지역 최대 밝기 값을 포함하는 스텐트 후보군을 결정하는 후보군 결정부; 상기 타겟 혈관에 대한 혈관 단층 촬영 영상을 이용하여, 상기 스텐트 후보군에 대한 제1특성 정보를 추출하는 특성 정보 추출부; 및 상기 제1특성 정보와, 혈관 단층 촬영 영상으로부터 생성된 레퍼런스 스텐트에 대한 제2특성 정보를 이용하여, 상기 스텐트 후보군에서 타겟 스텐트를 검출하는 스텐트 검출부를 포함하는 혈관 촬영 영상을 이용한 혈관 분석 장치를 제공한다.

발명의 효과

- [0013] 본 발명에 따르면, 혈관 단층 촬영 영상을 이용하여 혈관 내벽, 타겟 스텐트 및 신생 내막의 경계선을 빠르고 정확하게 검출할 수 있으며, 추출 결과를 통해 신생 내막의 두께, 그리고 스텐트의 돌출 거리 및 오부착 거리에 대한 정보를 제공할 수 있다.
- [0014] 또한 본 발명에 따르면, 검출된 다양한 임상 지표(혈관 내벽, 타겟 스텐트, 신생 내막의 경계선, 신생 내막의 두께, 스텐트의 돌출 거리 및 오부착 거리)를 통해 의사의 진단을 도울 수 있으며, 관련 질환의 이해를 높일 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 혈관 촬영 영상을 이용한 혈관 분석 장치를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 데이터 처리부를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 혈관 단층 촬영 영상과 극좌표 변환 영상을 도시하는 도면이다.
- 도 4는 본 발명에 따른 혈관 내벽 추출을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5는 본 발명에 따른 스텐트 후보군을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 6은 레퍼런스 스텐트에 대한 라인 프로파일 및 A-라인 프로파일을 나타내는 도면이다.
- 도 7은 스텐트의 돌출 거리 및 오부착 거리 그리고 신생 내막의 두께를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 혈관 촬영 영상을 이용한 혈관 분석 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 9는 스텐트 검출을 위한 다중 계층 인공 신경망을 도시하는 도면이다.
- 도 10은 본 발명에 따라 계산된 스텐트의 돌출 거리 및 신생 내막 두께와 수동으로 계산된 스텐트의 돌출 거리 및 신생 내막 두께의 상관 계수 측정 및 블랜드-앨트먼 분석 결과를 도시하는 도면이다.
- 도 11은 비교적 작은 수준의 스텐트의 돌출 거리 및 신생 내막 두께에 대한 상관 계수 측정 및 블랜드-앨트먼 분석 결과를 도시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 본 발명은 다양한 변형을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다.
- [0018] 이하에서, 본 발명에 따른 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0020] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 혈관 촬영 영상을 이용한 혈관 분석 장치를 설명하기 위한 도면이다.
- [0021] 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 혈관 분석 장치는 영상 입력부(110), 데이터 처리부(120) 및 데이터 출력부(130)를 포함한다.
- [0022] 영상 입력부(110)는 타겟 혈관에 대한 혈관 단층 촬영 영상을 입력받는다. 혈관 단층 촬영 영상은 일실시예로서, 혈관내 초음파 영상, 혈관내 광단층 촬영 영상 등일 수 있다. 또는 영상 입력부(110)는 예를 들

어 카테터일 수 있으며, 직접 타겟 혈관에 삽입되어 혈관 단층 촬영 영상을 입력받을 수 있다.

[0023] 데이터 처리부(120)는 타겟 혈관에 대한 혈관 단층 촬영 영상을 이용하여, 혈관 내벽 및 타겟 혈관 내에 삽입된 타겟 스텐트를 추출한다. 또한 실시예에 따라서, 데이터 처리부(120)는 스텐트에 의해 생성되는 신생 내막의 경계선을 추출할 수 있으며, 추출된 혈관 내벽, 타겟 스텐트 및 신생 내막의 경계선을 이용하여 신생 내막의 두께(Neointimal thickness), 그리고 스텐트의 돌출 거리(Protrusion distance) 및 오부착 거리(Malapposition distance)를 계산할 수 있다.

[0024] 데이터 출력부(130)는 데이터 처리부(120)의 처리 결과를 출력하며, 입력된 혈관 단층 촬영 영상에 대해 처리 결과를 출력할 수 있다. 예를 들어, 데이터 출력부(130)는 혈관 단층 영상에 추출된 혈관 내벽, 타겟 스텐트 등을 표시할 수 있다.

[0025] 본 발명에 따르면, 혈관 단층 촬영 영상을 이용하여 혈관 내벽, 타겟 스텐트 및 신생 내막의 경계선을 빠르고 정확하게 검출할 수 있으며, 추출 결과를 통해 신생 내막의 두께, 그리고 스텐트의 돌출 거리 및 오부착 거리에 대한 정보를 제공할 수 있다.

[0026] 또한 본 발명에 따르면, 검출된 다양한 임상 지표(혈관 내벽, 타겟 스텐트, 신생 내막의 경계선, 신생 내막의 두께, 스텐트의 돌출 거리 및 오부착 거리)를 통해 의사의 진단을 도울 수 있으며, 관련 질환의 이해를 높일 수 있다.

[0028] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 데이터 처리부(120)를 설명하기 위한 도면이다. 도 3은 혈관 단층 촬영 영상과 극좌표 변환 영상을 도시하는 도면이며, 도 4는 본 발명에 따른 혈관 내벽 추출을 설명하기 위한 도면이다. 도 5는 본 발명에 따른 스텐트 후보군을 설명하기 위한 도면이다. 도 6은 레퍼런스 스텐트에 대한 라인 프로파일 및 A-라인 프로파일을 나타내는 도면이다.

[0029] 도 2를 참조하면, 데이터 처리부(120)는 전처리부(210), 혈관 내벽 추출부(220), 후보군 결정부(230), 특성 정보 추출부(240), 스텐트 검출부(250) 및 수치 연산부(260)를 포함한다. 데이터 처리부(120)의 구성 요소는 검출되는 임상 지표에 따라 다양하게 구성될 수 있다. 먼저, 데이터 처리부(120)의 혈관 내벽 검출 과정을 설명하고, 스텐트 검출 과정, 및 그외 임상 지표 검출 과정을 설명하기로 한다.

[0031] <혈관 내벽 검출>

[0032] 혈관 단층 촬영 영상은 각 화소별 밝기로 표현될 수 있는데, 전처리부(210)는 혈관의 깊이 방향의 반사 프로파일(A-line), 즉 밝기 값이 획득될 수 있도록, 타겟 혈관에 대한 혈관 단층 촬영 영상에 대해 극좌표(r, θ) 변환을 수행한다. 이 때, 전처리부(210)는 혈관 단층 촬영 영상의 노이즈를 줄이기 위해 가우시안 저대역 필터링 등의 전처리를 수행한 후 극좌표 변환을 수행할 수 있다.

[0033] 일례로서, 도 3(a)와 같은 혈관 단층 촬영 영상은 극좌표 변환을 통해 도 3(b)와 같은 영상으로 변환될 수 있으며, 도 3(b)에서 깊이 방향(r)은 혈관 중심에서 혈관 내벽을 향하는 방향에 대응된다.

[0034] 전처리부(210)는 극좌표 변환이 수행된 영상을 이용하여, 깊이 방향에 대해 1차 경사 영상을 생성하며, 추가적으로 2차 경사 영상을 생성할 수 있다. 1차 경사 영상(G_r) 및 2차 경사 영상(G_{rr})은 [수학식 1]을 통해 생성될 수 있다.

수학식 1

$$G_r = \frac{\partial f_n(r, \theta)}{\partial r}$$

$$G_{rr} = \frac{\partial^2 f_n(r, \theta)}{\partial r^2}$$

[0035]

- [0036] 여기서, $f_n(r, \theta)$ 는 극좌표 변환이 수행된 영상을 나타내며, 편미분을 통해 경사 영상이 얻어질 수 있다. 편미분에 의해 밝기 값이 급격히 변환되는 영역이 검출될 수 있는데, 예를 들어 에지(edge) 영역이 검출될 수 있다. 전처리부(210)는 에지 특성을 나타내는 혈관 내벽 및 스텐트를 추출하기 위해 1차 및 2차 경사 영상을 생성한다.
- [0037] 그리고 전처리부(210)는 혈관 촬영시 함께 촬영될 수 있는 카테터(catheter)나 가이드 와이어(guide wire) 부분을 1차 및 2차 경사 영상에서 제거함으로써, 정확한 검출을 지원할 수 있다.
- [0038] 전처리부(210)는 전술된 기능 이외, 실시예에 따라서 다양한 기능을 부가적으로 지원하거나 또는 전술된 기능중 일부 기능을 선택적으로 제공할 수 있다.
- [0039] 혈관 내벽 추출부(220)는 극좌표 변환된 영상에서 기 설정된 밝기 값을 나타내는 부분을 혈관 내벽을 결정하며, 이 때 1차 경사 영상을 이용할 수 있다. 또한 신생 내막의 경계선 역시 혈관 내벽의 일종이므로 혈관 내벽 추출부(220)는 혈관 내벽과 같이 신생 내막의 경계선을 결정할 수 있다.
- [0040] 보다 구체적으로, 혈관 내벽 추출부(220)는 혈관 단층 촬영 영상의 최대 밝기 값에 대해 기 설정된 비율만큼의 밝기 값을 나타내는 부분을 혈관 내벽으로 결정할 수 있다. 기 설정된 비율은 실시예에 따라서 다양하게 설정될 수 있으며, 예를 들어 최대 밝기 값의 20%일 수 있다. 혈관 단층 촬영 영상의 최대 밝기 값을 나타내는 부분은 인체 조직보다 반사율이 좋은 금속 재질의 스텐트가 위치한 부분일 확률이 높으며, 혈관 내벽의 밝기 값은 스텐트의 밝기 값보다 작기 때문에, 혈관 내벽 추출부(220)는 혈관 단층 촬영 영상의 최대 밝기 값보다 어두운 부분을 혈관 내벽으로 결정한다.
- [0041] 이 때, 혈관 내벽 추출부(220)는 1차 경사 영상을 이용하지 않고, 극좌표 변환된 영상에서 기 설정된 밝기 값을 나타내는 부분을 혈관 내벽을 결정할 수도 있지만, 혈관 내벽을 보다 정확히 추출하기 위해, 1차 경사 영상을 이용하여, 혈관 단층 촬영 영상에 존재할 수 있는 아티팩트(artifact)를 제거할 수 있다.
- [0042] 예를 들어, 혈관 내벽 추출부(220)는 1차 경사 영상에서 임계값 이상의 음의 값을 나타내는 값만을 취하여 도 4(b)와 같은 영상을 생성할 수 있다. 도 4(b)는 도 4(a)에 도시된 극좌표 변환된 혈관 단층 촬영 영상의, 1차 경사 영상으로부터 생성된 영상으로서, 1차 경사 영상의 변환된 형태이기 때문에, 에지 정보를 포함한다. 도 4(b)에서 붉은색 점선이 통과하는 영역이 임시 혈관 내벽 후보군(temporary lumen contour)으로서, 도 4(a)와 비교해보면 극좌표 변환된 혈관 단층 촬영 영상에서의 에지 부분임을 알 수 있다. 혈관 내벽 추출부(220)는 에지 정보에 따라 결정된 임시 혈관 내벽 후보군 중에서 가장 넓은 영역의 임시 혈관 내벽 후보군($C_{largest}$)을 기준으로 거리 및 상대적인 각도 등을 고려하여 최종적으로 노란색으로 표시된 영역을 혈관 내벽 후보군으로 결정한다.
- [0043] 도 4(b)의 하얀색 부분은 $C_{largest}$ 를 기준으로 멀리 이격되어 있기 때문에 혈관 내벽 후보군에서 제외되며, 결국, 도 4(b)의 노란색 영역을 통해, 도 4(a) 영상에서 혈관 내벽(노란색, result of lumen contour detection)이 추출될 수 있다.
- [0045] <스텐트 검출>
- [0046] 후보군 결정부(230)는 타겟 혈관에 대한 혈관 단층 촬영 영상에서, 지역 최대 밝기 값(local maximum intensity)을 포함하는 영역을 스텐트 후보군으로 결정한다. 후보군 결정부(230)는 일실시예로서 전술된 2차 경사 영상을 이용하여, 혈관 단층 촬영 영상에서 지역 최대 밝기 값을 나타내는 영역을 검출할 수 있다. 전술된 바와 같이, 스텐트가 위치한 영역은 금속 재질의 특성상 최대 밝기 값을 나타낼 확률이 높고, 2차 경사 영상은 지역 최대 값 정보를 포함하므로, 후보군 결정부(230)는 제2차 경사 영상을 통해 확인할 수 있는 혈관 단층 촬영 영상의 지역 최대 밝기 값을 나타내는 스텐트 후보군을 결정할 수 있다.
- [0047] 도 5에 도시된 영상에서, 초록색 선은 2차 경사 영상을 통해 얻어진 지역 최대 밝기 값을 나타내는 스텐트 후보군을 나타내며, 붉은 점은 지역 최대 밝기 값을 나타내는 영역의 중앙값 지점을 나타낸다. 일례로서, 도 4 및 도 5에서 혈관 내벽으로부터 돌출된 지역 최대 값을 포함하는 영역이 타겟 스텐트로 검출될 수 있다.
- [0048] 특성 정보 추출부(240)는 타겟 혈관에 대한 혈관 단층 촬영 영상을 이용하여, 스텐트 후보군에 대한 제1특성 정

보를 추출한다. 그리고 스텐트 검출부(250)는 제1특성 정보와, 혈관 단층 촬영 영상으로부터 생성된 레퍼런스 스텐트에 대한 제2특성 정보를 이용하여, 스텐트 후보군에서 타겟 스텐트를 추출한다.

[0049] 특성 정보는 통계적 특성 정보(Statistical Features) 및 기하학적 특성 정보(Geometrical Features) 중 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0050] 통계적 특성 정보는 문자 그대로 통계적으로 얻을 수 있는 스텐트에 대한 특성 정보를 나타내며, 혈관 단층 촬영 영상(OCT Intensity Image)에서의 통계적 특성 정보, 경사 영상(Gradient Image)에 대한 통계적 특성 정보를 포함할 수 있다. 혈관 단층 촬영 영상 및 경사 영상에서의 스텐트에 대한 특성을 통계적으로 분석하여 레퍼런스 스텐트에 대한 통계적 특성 정보가 획득될 수 있다. 길이 등의 기하학적 특성 정보 역시 혈관 단층 촬영 영상의 분석을 통해 획득될 수 있다.

[0051] 즉, 스텐트 검출부(250)는 혈관 단층 촬영 영상 및 경사 영상을 이용하여 스텐트 후보군에 대한 제1특성 정보를 추출하고, 레퍼런스 스텐트에 대한 제2특성 정보와 제1특성 정보를 비교하여, 스텐트 후보군에서 제2특성 정보와 유사한 특성을 나타내는 영역을 타겟 스텐트로 추출할 수 있다. 이 때, 혈관 단층 촬영 영상의 극좌표 변환 영상이 특성 정보 추출에 이용될 수 있다.

[0052] 통계적 특성 정보 및 기하학적 특성 정보는 일실시예로서 [표 1]과 같을 수 있으며, 실시예에 따라서 다양하게 설정될 수 있다.

표 1

Category Name	#	Feature Name
Statistical Features	1	Maximum Intensity
	2	Median Intensity
	3	Mean Intensity*
	4	Intensity Variance
	5	Intensity COV*
	6	Intensity Skewness
	7	Intensity Kurtosis*
	8	Maximum Amplitude
	9	Median Amplitude
	10	Mean Amplitude*
	11	Amplitude Variance
	12	Amplitude COV*
	13	Amplitude Skewness
	14	Amplitude Kurtosis*
Geometrical Features	15	Length*
	16	A Half Width*
	17	A Fifth Width
	18	Behind Profile Mean*
	19	Behind Profile Variance
	20	Behind Profile COV
	21	Slope*
	22	Peak-to-Shadow Ratio*

[0053]

- [0054] 일실시예로서, 레퍼런스 스텐트 및 스텐트 후보군에 대한 통계적 특성 정보 및 기하학적 특성 정보는 극좌표 변환된 영상 및 경사 영상의 밝기 값으로부터 얻어질 수 있다. 레퍼런스 스텐트에 대한 극좌표 변환된 영상 및 경사 영상의 밝기 값은 도 6(a) 및 도 6(b)와 같은 라인 프로파일로 표현될 수 있다. 도 6(a)는 극좌표 θ (angle, 극좌표 변환된 영상에서의 가로 축)에 따른 라인 프로파일(밝기 값, intensity, amplitude)을 나타내며, 도 6(b)는 스텐트 후보군의 중앙 지점 (도 5의 붉은 점)의 극좌표 r (depth, 극좌표 변환된 영상에서의 세로 축)에 따른 A-라인 프로파일(밝기 값 intensity)을 나타낸다. 마찬가지로 스텐트 후보군에 대한 극좌표 변환된 영상 및 경사 영상의 밝기 값은 도 6과 같이 표현될 수 있다.
- [0055] [표 1] 및 도 6을 참조하여, 레퍼런스 스텐트에 대한 특성 정보를 자세히 설명하면, 레퍼런스 스텐트의 혈관 단층 촬영 영상에 대한 통계적 특성 정보는 도 6(a)의 f_n 프로파일로부터 얻어질 수 있으며, 최대 밝기값(Maximum Intensity), 중앙 밝기값(Medial Intensity), 평균 밝기값(Mean Intensity), 밝기 분산값(Intensity Variance), 밝기 변동계수(Intensity Coefficient Of Variance), 밝기 왜도값(Intensity Skewness) 및 밝기 첨도값(Intensity Kurtosis)중 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0056] 그리고 레퍼런스 스텐트의 2차 경사 영상에 대한 통계적 특성 정보는 도 6(a)의 G_{rr} 프로파일로부터 얻어질 수 있으며, 최대 밝기값(Maximum Amplitude), 중앙 밝기값(Medial Amplitude), 평균 밝기값(Mean Amplitude), 밝기 분산값(Amplitude Variance), 밝기 변동계수(Amplitude Coefficient Of Variance), 밝기 왜도값(Amplitude Skewness) 및 밝기 첨도값(Amplitude Kurtosis)중 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0057] 또한 레퍼런스 스텐트의 혈관 단층 촬영 영상에 대한 기하학적 특성 정보는, 혈관 단층 촬영 영상에서의 밝기 값에 따른 스텐트의 길이, 스텐트의 제1밝기 값 및 제2밝기 값 사이의 관계 정보 중 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다. 일실시예로서, 제1 및 제2밝기 값은 최대 밝기 값, 최대 밝기 값의 절반, 1/5이 되는 밝기 값 및 스텐트 종단에서의 밝기 값 중 선택될 수 있다.
- [0058] 도 3 및 도 6을 참조하여 설명하면, 스텐트의 길이(Length)는 일예로서, 도 3(a)와 같은 혈관 단층 촬영 영상에서의 스텐트의 길이에 대응될 수 있으며, [수학식 2]과 같이 계산될 수 있다.

수학식 2

$$L = \sum_{i=1}^{N-1} (r_i^2 + r_{i+1}^2 - 2r_i r_{i+1} \cos(\theta_i - \theta_{i+1}))$$

- [0059]
- [0060] 여기서, L 은 혈관 단층 촬영 영상에서의 스텐트의 길이이며, N 은 극좌표 변환된 영상에서의 스텐트 후보군의 화소 개수, (r_i, θ_i) 은 극좌표 변환된 영상에서의 스텐트 후보군을 구성하는 극좌표 (depth, angle)을 의미한다.
- [0062] 관계 정보로서, 도 6(b)에서 최대 밝기 값(M) 및 절반의 밝기 값($M/2$)을 나타내는 지점 사이의 거리(W_{half} , A Half Length), 최대 밝기 값(M) 및 1/5 밝기 값을 나타내는 지점 사이의 거리(A Fifth Length), 절반의 밝기 값($M/2$)을 나타내는 지점에서 프로파일의 끝 사이(μ_{behind})의 밝기 평균값(Behind Profile Mean), 절반의 밝기 값($M/2$)을 나타내는 지점에서 프로파일의 끝 사이(μ_{behind})의 밝기 분산값(Behind Profile Variance), 절반의 밝기 값($M/2$)을 나타내는 지점에서 프로파일의 끝 사이(μ_{behind})의 밝기 변동계수(Behind Profile COV), 최대 밝기 값(M) 및 절반의 밝기 값($M/2$)을 나타내는 지점 사이의 기울기(Slope), 최대 밝기 값(M) 대비 μ_{behind} 구간의 평균 밝기 값의 비율(Peak-to-Shadow Ratio) 등이 포함될 수 있다.
- [0063] 스텐트 후보군에 대한 특성 정보 역시, 레퍼런스 스텐트에 대한 특성 정보와 같이 추출될 수 있다.

- [0064] 결국, 스텐트 검출부(250)는 제1 및 제2특성 정보를 이용하여, 타겟 스텐트를 검출할 수 있다.
- [0066] <타겟 스텐트의 돌출 거리 및 오부착 거리, 신생 내막의 두께>
- [0067] 타겟 스텐트의 돌출 거리 및 오부착 거리 그리고 신생 내막의 두께는 도 7과 같이 정의될 수 있다. 즉, 혈관 내벽(710), 신생 내막의 경계선(720) 및 타겟 스텐트(730)가 검출되면, 수치 연산부(260)는 타겟 스텐트(730)의 위치, 혈관 내벽(710) 및 신생 내막의 경계선(720)을 이용하여, 타겟 스텐트의 돌출 거리(PD) 및 오부착 거리(MD)와 신생 내막의 두께(NT)를 계산할 수 있다.
- [0068] 타겟 스텐트의 두께는 시술된 스텐트의 스펙 정보로부터 획득될 수 있다.
- [0070] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 혈관 촬영 영상을 이용한 혈관 분석 방법을 설명하기 위한 도면이다. 도 9는 스텐트 검출을 위한 다중 계층 인공 신경망을 도시하는 도면이다. 도 8에서는 도 1에서 설명된 혈관 분석 장치의 혈관 분석 방법이 일실시예로서 설명된다.
- [0071] 본 발명에 따른 혈관 분석 장치는 타겟 혈관에 대한 혈관 단층 촬영 영상에서, 지역 최대 밝기 값을 포함하는 스텐트 후보군을 결정(S810)하고, 타겟 혈관에 대한 혈관 단층 촬영 영상을 이용하여, 스텐트 후보군에 대한 제1특성 정보를 추출(S820)한다.
- [0072] 그리고 혈관 분석 장치는 제1특성 정보와, 혈관 단층 촬영 영상으로부터 생성된 레퍼런스 스텐트에 대한 제2특성 정보를 이용하여, 스텐트 후보군에서 타겟 스텐트를 검출(S830)한다. 일실시예로서, 혈관 분석 장치는 제1특성 정보와 제2특성 정보를 비교하고, 유사한 특성을 나타내거나 특성이 매칭되는 스텐트를 스텐트 후보군에서 타겟 스텐트로 검출할 수 있으며, 이를 위해 인공 신경망을 이용할 수 있다.
- [0073] 일실시예로서, 본 발명에서 이용되는 인공 신경망은 도 9에 도시된 바와 같이, 입력층(L1), 은닉층(L2) 및 출력층(L3)으로 구성될 수 있다. 인공 신경망은 최근 딥러닝(deep learning) 관련하여 많이 이용되고 있는 기술로서, 훈련(training) 모드에서 노드를 연결하는 연결선의 가중치가 조정되며, 분류(classification) 모드에서 입력값에 대해 참값(true) 또는 거짓값(false)으로 분류가 수행된다.
- [0074] 본 발명에서는 훈련 모드에서 제2특성 정보가 이용되며, 분류 모드에서 입력층으로 스텐트 후보군에 대한 제1특성 정보가 입력된다. 인공 신경망의 훈련을 위해, [표 1]에 표시된 특성 정보 중에서 선택된 제2특성 정보가 이용될 수 있다. 훈련 및 분류 과정의 반복을 통해, 분류 성능이 가장 좋은 특성 정보가 선택될 수 있다.
- [0075] 제1특성 정보는 입력층에서 입력되어 은닉층을 거쳐 출력층으로 전달되며, 각각의 노드는 가중치와 입력값을 이용하여 기 설정된 연산을 수행한다. 최종적으로 출력층은 제2특성 정보와 유사한 제1특성 정보를 나타내는 스텐트를 타겟 스텐트로 분류하는 결과를 출력할 수 있다.
- [0076] 입력층의 노드의 개수는 입력되는 제1특성 정보의 개수에 따라 결정될 수 있으며, [표 1]에서 * 표시가 된 특성 정보가 제1특성 정보로 이용될 경우, 11개의 노드가 이용될 수 있다. 은닉층의 개수 및 은닉층의 노드의 개수는 인공 신경망 알고리즘에 따라 다양하게 설정될 수 있으며, 출력층의 노드는 최종적으로 분류되는 값에 따라 결정될 수 있다.
- [0077] 정리하면, 혈관 분석 장치는 제2특성 정보를 통해 훈련된 인공신경망에 대해, 제1특성 정보를 입력값으로 이용하여, 상기 타겟 스텐트를 검출할 수 있다.
- [0078] 한편, 실시예에 따라서 본 발명에 따른 혈관 분석 방법은 타겟 혈관에 대한 혈관 단층 촬영 영상에 대한 극좌표 변환을 수행하는 단계 및 변환 영상의 깊이 방향에 대한 1차 경사 영상을 이용하여, 기 설정된 밝기 값을 나타내는 부분을 혈관 내벽 및 신생 내막의 경계선으로 결정하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0079] 또한 실시예에 따라서 본 발명에 따른 혈관 분석 방법은 타겟 스텐트의 위치, 상기 혈관 내벽 및 신생 내막의 경계선을 이용하여, 타겟 스텐트의 돌출 거리 및 오부착 거리 그리고 신생 내막의 두께를 계산하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0081] 도 10은 본 발명에 따라 계산된 스텐트의 돌출 거리 및 신생 내막 두께와 수동으로 계산된 스텐트의 돌출 거리

및 신생 내막 두께의 상관 계수 측정 및 블랜드-앨트먼(Bland-Altman) 분석 결과를 도시하는 도면이다. 그리고 도 11은 비교적 작은 수준의 스텐트의 돌출 거리 및 신생 내막 두께에 대한 상관 계수 측정 및 블랜드-앨트먼 분석 결과를 도시하는 도면이다.

[0082] 수동 계산은 해당 분야의 전문가인 심혈관내과 의사 및 심혈관 OCT 연구원(R1, R2)에 의해 이루어졌으며, 본 발명에 따른 계산 결과는 [표 1]에서 * 표시가 된 특성 정보를 통해 계산된 결과이다. 도 10 및 도 11에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 계산 결과(Algorithm)와 수동 계산 결과는 매우 큰 상관 관계를 나타냄을 확인할 수 있으며, 큰 편차없는 계산 결과가 도출되었음을 확인할 수 있다.

[0083] 한편, [표 2]는 전문가(R1, R2)에 의한 스텐트 검출 결과 및 본 발명에 따른 스텐트 검출 결과(Algorithm)에 대한 양성 예측도(PPV, Positive Predictive Value)와 진양성률(TPR, True Positive Rate)를 나타내며, 신생내막 유무(Uncovered, Covered), 스텐트 주변의 조직의 종류(Fibrotic, Lipid, Calcification, Side-Branch, Thrombus, Arterial Dissection) 및 영상의 질(Suboptimal Quality) 등에 따른 다양한 환경에서의 양성 예측도 및 진양성률을 나타낸다.

[0084] [표 2]에 기재된 바와 같이, 본 발명에 따른 스텐트 검출 결과는 전문가에 의한 수동 검출 결과 대비 96.5%의 양성 예측도와 92.9%의 진양성률을 나타내며, 매우 높은 정확도를 나타냄을 알 수 있다.

표 2

Group		R1 vs. Algorithm	R2 vs. Algorithm
Total	PPV	96.5%	96.8%
	TPR	92.9%	93.6%
Uncovered	PPV	97.4%	97.9%
	TPR	94.3%	94.7%
<i>low level</i>	PPV	97.6%	98.1%
	TPR	94.6%	94.8%
<i>intermediate level</i>	PPV	98.3%	98.9%
	TPR	95.3%	96.3%
<i>high level</i>	PPV	95.0%	95.3%
	TPR	91.0%	91.7%
Covered	PPV	95.1%	95.3%
	TPR	91.1%	92.1%
<i>low level</i>	PPV	97.6%	97.9%
	TPR	93.8%	94.1%
<i>intermediate level</i>	PPV	95.7%	95.4%
	TPR	91.5%	92.8%
<i>high level</i>	PPV	87.4%	88.5%
	TPR	83.5%	85.6%
Fibrotic	PPV	98.2%	98.4%
	TPR	94.5%	95.2%
Lipid	PPV	96.6%	96.9%
	TPR	92.4%	92.7%
Calcification	PPV	93.3%	92.9%
	TPR	90.9%	92.5%
Side-Branch	PPV	98.9%	99.5%
	TPR	98.4%	97.9%
Thrombus	PPV	90.2%	93.6%
	TPR	84.6%	85.9%
Arterial Dissection	PPV	93.8%	93.8%
	TPR	93.3%	87.5%
Suboptimal Quality	PPV	92.3%	93.8%
	TPR	86.1%	87.2%

[0086]

[0087]

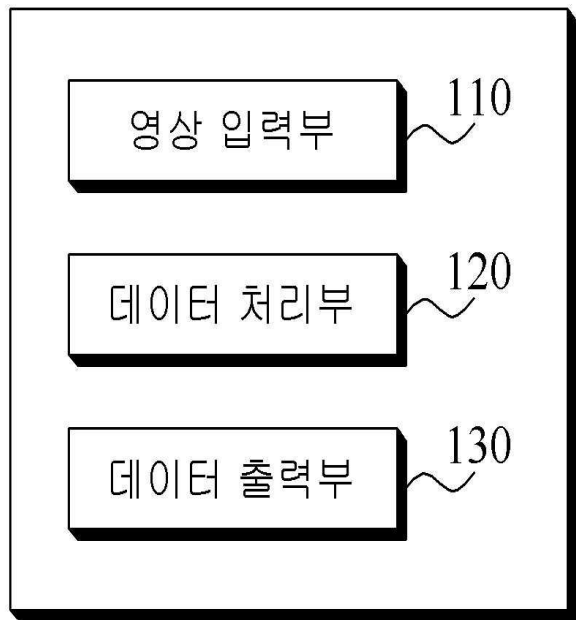
앞서 설명한 기술적 내용들은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예들을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 하드웨어 장치는 실시예들의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성

될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

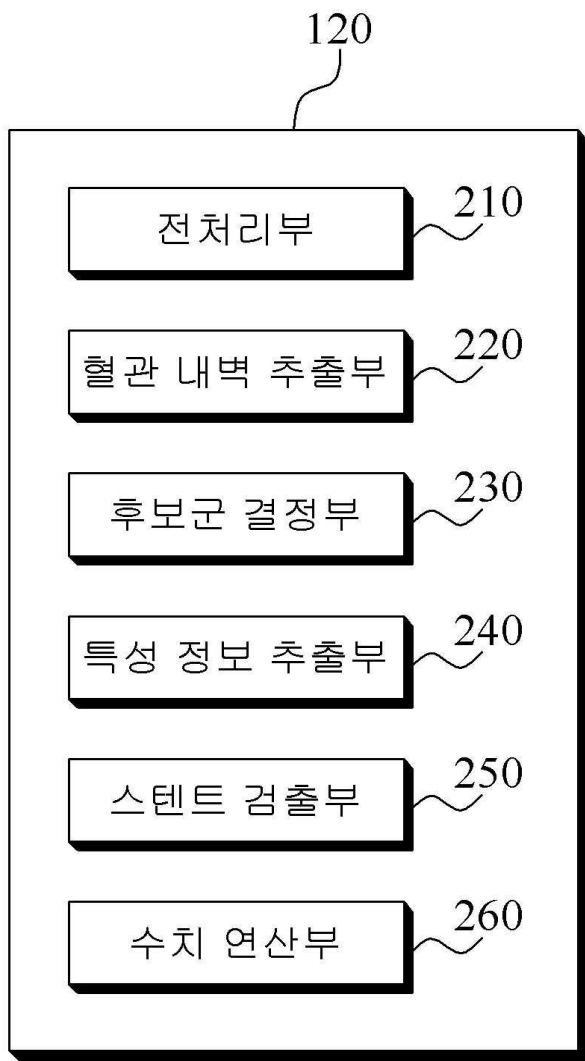
[0089] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

도면

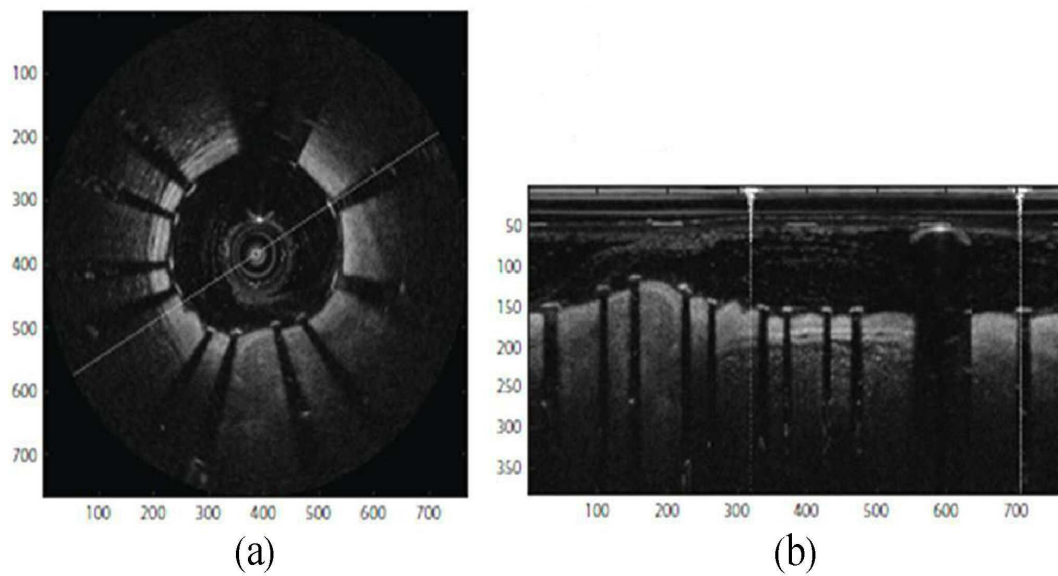
도면1



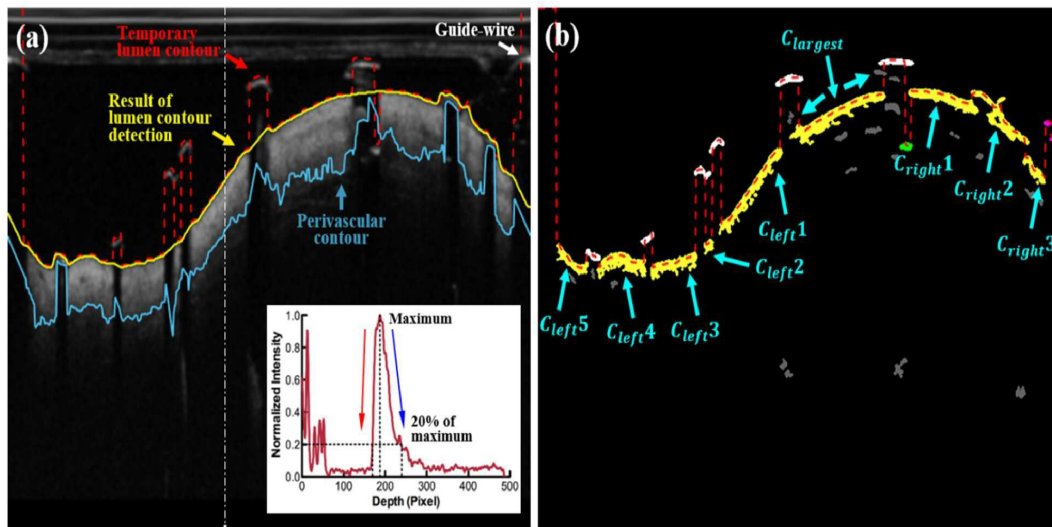
도면2



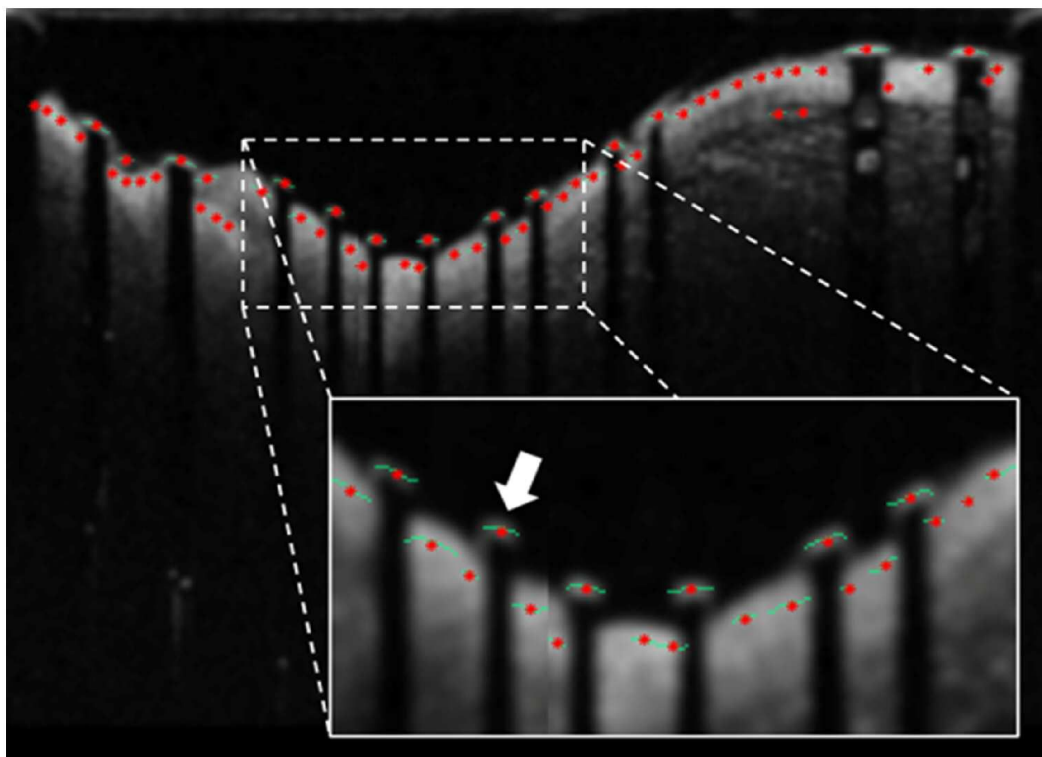
도면3



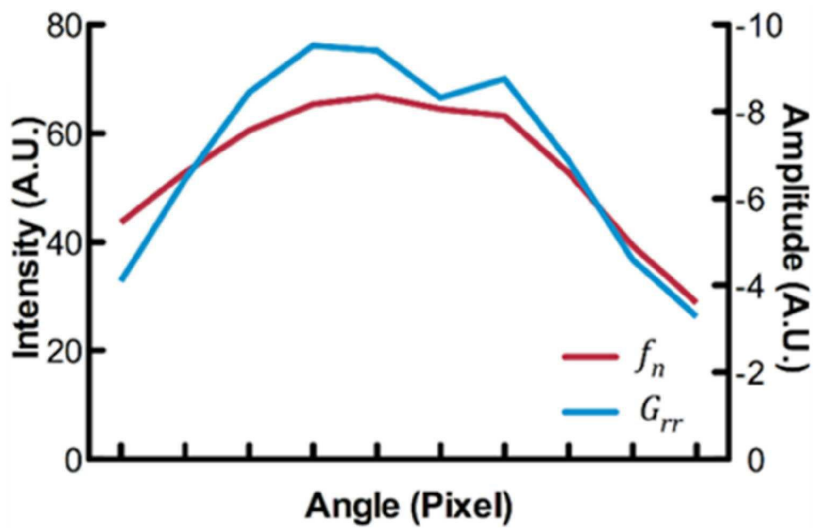
도면4



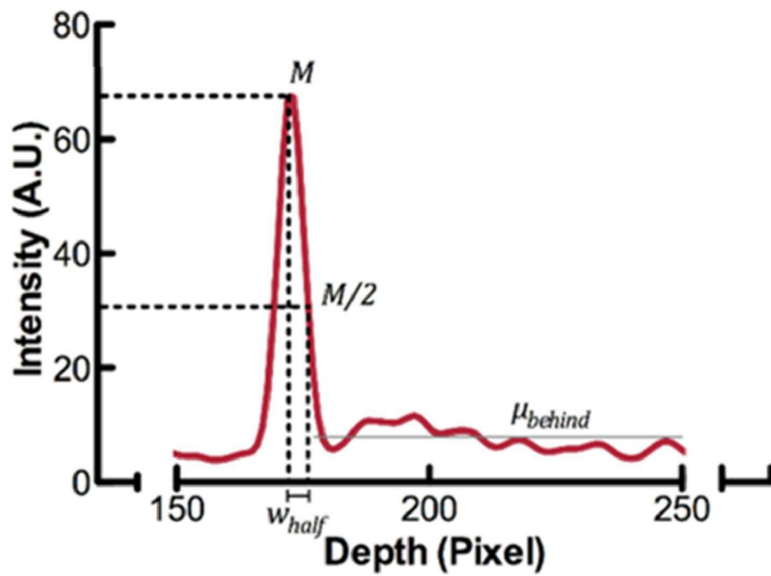
도면5



도면6

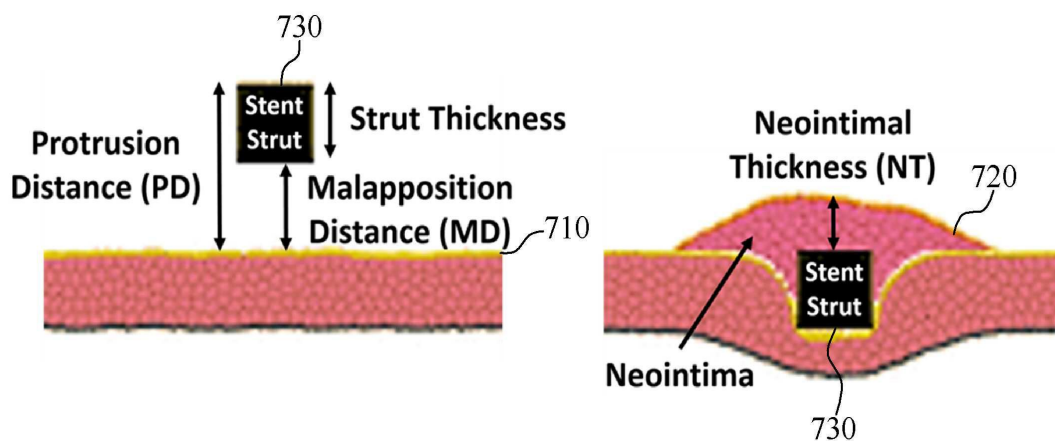


(a)

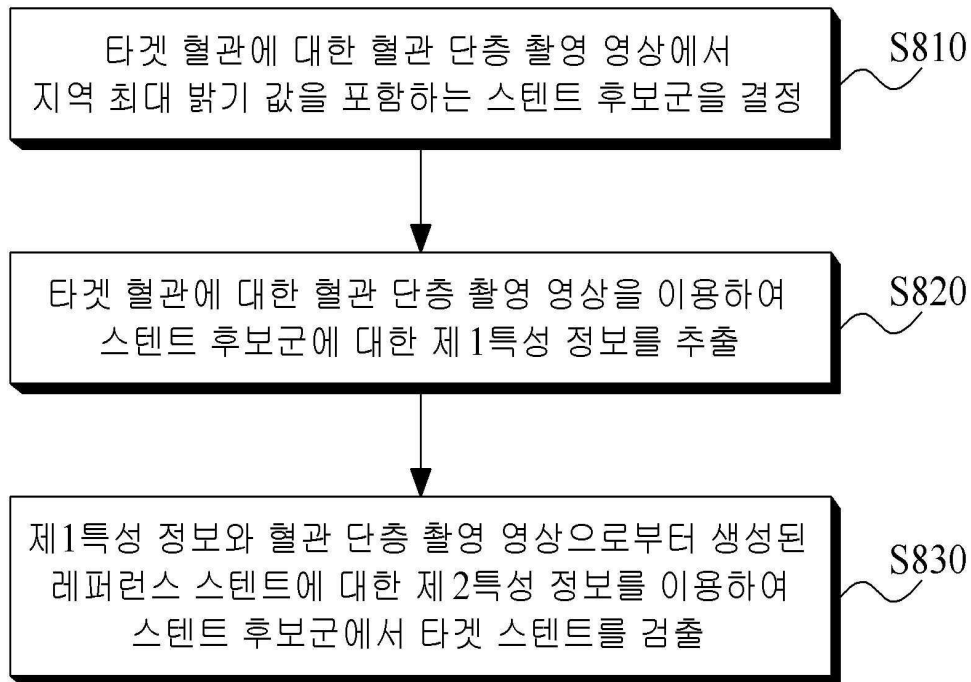


(b)

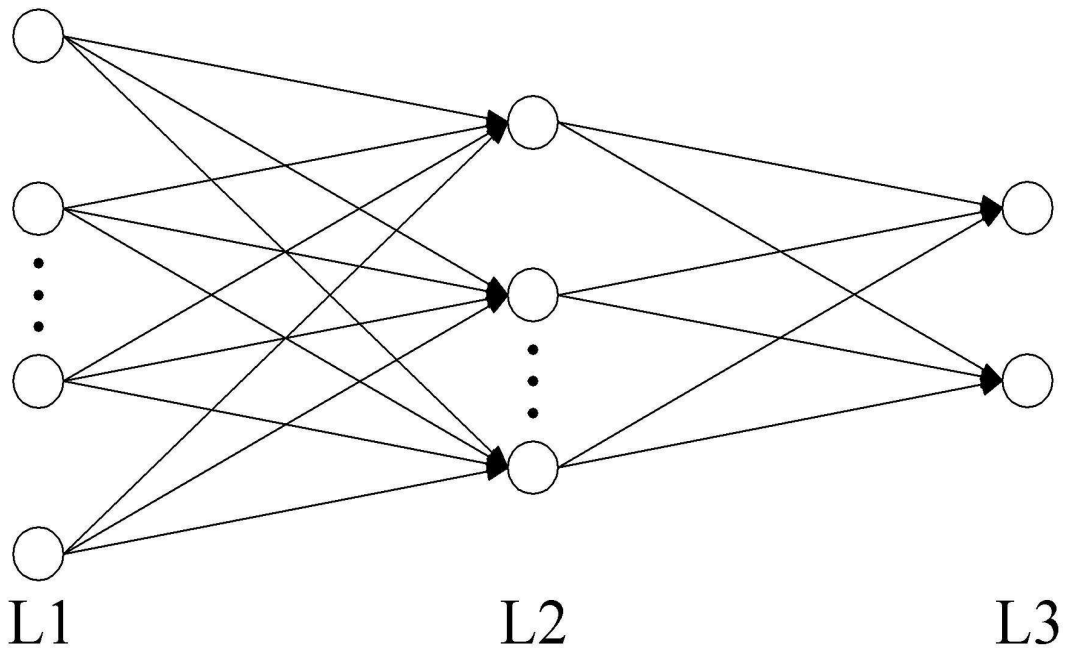
도면7



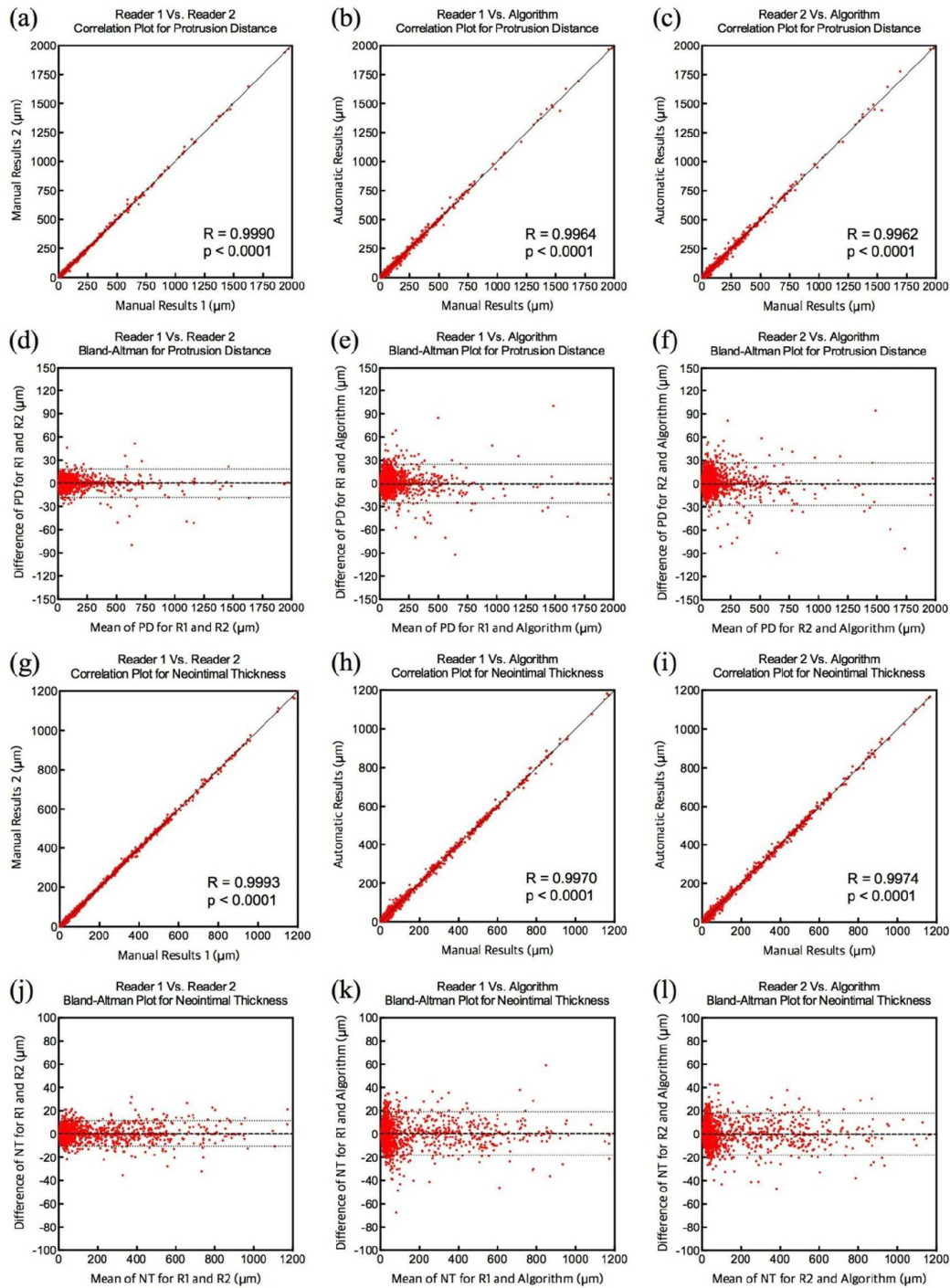
도면8



도면9



도면10



도면11

